

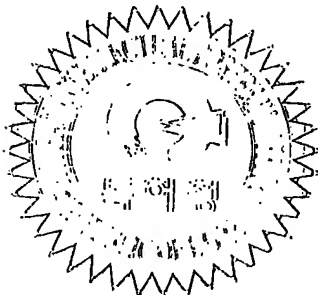
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0070758
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 10월 10일
Date of Application OCT 10, 2003

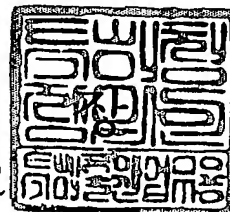
출원 인 : 에피밸리 주식회사
Applicant(s) EPIVALLEY CO., LTD



2004 년 07 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2003.10.10
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	질화물반도체 발광소자
【발명의 영문명칭】	III-Nitride compound semiconductor light emitting device
【출원인】	
【명칭】	에피밸리 주식회사
【출원인코드】	1-2000-040161-2
【대리인】	
【성명】	허진석
【대리인코드】	9-1998-000622-1
【포괄위임등록번호】	2003-067216-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김창태
【성명의 영문표기】	KIM, Chang Tae
【주민등록번호】	650714-1768513
【우편번호】	463-070
【주소】	경기도 성남시 분당구 야탑동 장미마을 동부아파트 106-301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장필국
【성명의 영문표기】	JANG, Pil Guk
【주민등록번호】	700509-1056310
【우편번호】	449-846
【주소】	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 삼익아파트 101동 802호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김종원
【성명의 영문표기】	KIM, Jong Won

【주민등록번호】 750208-1918411
【우편번호】 464-892
【주소】 경기도 광주군 오폐면 능평리 146-2번지
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 허진석 (인)
【수수료】
【기본출원료】 16 면 29,000 원
【가산출원료】 0 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 4 항 237,000 원
【합계】 266,000 원
【감면사유】 소기업 (70%감면)
【감면후 수수료】 79,800 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 소기업임을 증명하는 서류_1통

【요약서】

【요약】

본 발명에 따른 질화물반도체 발광소자는, 절연기판(20) 상에 형성되며 n형 질화물반도체로 이루어지는 하부접촉층(31); 하부접촉층(31) 표면의 소정영역상에 순차적으로 적층된 질화물반도체로 이루어지는 활성층(33) 및 p형 질화물반도체로 이루어지는 상부접촉층(35); 및 활성층(35)에 의해 가려지지 않는 하부접촉층(31)의 노출표면의 소정영역 상에 형성되는 n형 오믹접촉 금속층(52); 을 포함하며, 활성층(35) 및 n형 오믹접촉 금속층(52)에 의해서 가려지지 않는 하부접촉층(31)의 노출표면 상에는 표면격자(54)가 형성되어 있는 것을 특징으로 한다. 칩의 외곽 여유 공간에 표면격자(54)가 형성되어지기 때문에 표면격자의 형성면적을 많이 확보할 수 있다. 또한, 하부접촉층(31)은 어느 정도 두꺼워도 되기 때문에 표면격자를 형성하기가 용이하다. 그리고, 별도의 마스크 패턴이 요구되는 사진식각공정과 달리 광전화학식각을 통해서 식각마스크 없이 바로 표면격자를 형성하기 때문에 표면격자의 모양, 크기, 밀도 등에 큰 제약이 따르지 않는다.

【대표도】

도 2

【색인어】

회도, 표면격자, 광전화학식각, AlGaInN, KOH

【명세서】

【발명의 명칭】

질화물반도체 발광소자 {III-Nitride compound semiconductor light emitting device}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 질화물반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도;

도 2 내지 도 7은 본 발명에 따른 질화물반도체 발광소자를 설명하기 위한 도면들이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 참조번호의 설명 >

20: 절연기판	30: 버퍼층
31: 하부접촉층	32: 하부클래드층
33: 활성층	34: 상부클래드층
35: 상부접촉층	40: 자외선
41: 식각용액	44: 직류전원
51: 투명전극층	54: 표면격자

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

10> 본 발명은 질화물반도체 발광소자(III-Nitride compound semiconductor light emitting device)에 관한 것으로서, 특히 높은 외부 양자 효율을 가지는 질화물반도체 발광소자에 관한

것이다. 본 발명에서 말하는 질화물반도체는 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, x + y \leq 1$)를 말한다.

<11> 발광소자의 외부 양자 효율은 발광소자의 구조적인 형태와 구성물질들의 광학특성에 의해 많이 영향을 받는다. 일반적인 발광소자를 구성하는 반도체는 외부환경(에폭시 혹은 공기층)에 비해 높은 굴절률을 가지므로 전자와 정공의 결합으로 인해 생기는 대다수의 광자가 소자 내부에 머물게 된다. 이러한 광자는 외부로 탈출하기 전에 박막, 기판, 전극 등 여러 경로를 거치게 되는데 이에 따른 흡수에 의해 외부 양자 효율이 감소되게 된다.

<12> 특히, 질화물반도체 발광소자에 있어서는, p형 GaN의 낮은 전도도 때문에 효율적인 전류 확산을 위해서 상층의 대다수의 영역에 일정한 두께의 전도막을 형성하게 되는데, 이러한 전도막에 의한 광자의 흡수에 의해 외부 양자 효율이 많이 저하된다. 또한, 기판이 마땅히 없어 높은 격자 부정합에도 불구하고 사파이어 기판을 사용하는데, 사파이어는 전기적인 절연체이기 때문에 n형 GaN에 전기적으로 연결되는 금속전극을 소자의 뒷면에 형성하기가 불가능하여 소자의 앞 부분을 n형 GaN가 노출되도록 식각하여 금속전극을 형성한다. 이러한 소자제작의 제한으로 인해 소자의 형태를 변형하여 외부양자효율을 높이는데 많은 제약이 따른다.

<13> 표면격자 형성에 관한 기술은 AlGaInAs, AlGaInP 등의 계열에서 많은 연구가 되었고 실제 많은 응용소자들이 상용화 되어 있다. 그러나, 예컨대 GaAs의 경우 굴절률(n)이 3.5로서 외부환경인 공기(n=1) 혹은 에폭시(n=1.5) 보다 대단히 높아서 실제 외부로 탈출하는 광자는 아주 소량이다.

<14> 광자가 외부환경으로 탈출할 수 있는 최대 임계각은 발광소자를 형성하는 물질의 굴절률과 밀접한 관계가 있다. 반도체에서 공기로 탈출하기 위한 최대 임계각은 관계식 $\theta_c = \arcsin(1/n)$ 에 의해 결정된다. 여기서, θ_c 는 최대임계각을, n은 반도체의 굴절률을

나타낸다. 이 관계식에 의하면, 광자가 GaAs에서 공기 중으로 탈출하는 최대임계각은 16° 정도로 아주 작다. 이러한 최대 임계각의 제한에 의해 실제 활성층에서 생성된 광자가 외부로 탈출하는 양은 2% 정도로 아주 작다.

<15> 이런 제약을 극복하고자 여러 기술들이 제안되었고 그 중에 가장 효과적인 것인 발광소자의 형태를 변형한다든지 혹은 표면에 표면격자들을 형성하는 것이다. 미국특허 제6570190B2호(발명의 명칭: LED having angled sides for increased side light extraction)에는 발광소자의 형태를 사다리꼴 모양을 가진 육면체 구조로 제작하는 내용이 개시되어 있고, 미국특허 제6504180B1호(발명의 명칭: Method of manufacturing surface textured high-efficiency radiating devices and devices obtained therefrom)에는 표면 격자를 광자가 발생하는 활성층의 바로 윗부분 혹은 아래 부분에 습식 및 건식식각으로 형성하는 내용이 개시되어 있다.

<16> 그러나, 표면격자를 형성하여 외부양자 효율을 높이는 방법은 질화물반도체 발광소자에는 적용하기가 어려운데, 그 이유는 다음과 같다.

<17> 첫째, 사파이어 기판과도 격자부정합이 클 뿐 아니라 서로 다른 질화물 반도체, 예컨대 AlN, GaN, 및 InN 사이에도 격자 부정합이 크기 때문에 소자의 최상층을 이루는 p형 GaN를 성장함에 있어 두께에 많은 제약을 받는다. p형 GaN을 두껍게 성장시킬수록 격자부정합으로 인한 결정결함이 두드러지게 되어 광자의 흡수가 커져서 바람직하지 않게 된다. 일반적으로 p형 GaN층의 두께는 200nm를 넘지 않는데, 이렇게 얇은 경우에는 표면격자형성이 불가능하다.

<18> 둘째, 기판의 부재로 인해 사용되는 사파이어는 절연체이고 결정의 결합에너지가 매우 높고 안정적인 물질이기 때문에 표면격자형성이 매우 어렵다.

- <19> 비록 질화물반도체가 투명하고 비교적 굴절률(GaN , $n=2.5$)이 낮아 광자가 탈출할 수 있는 최대 임계각(GaN 의 경우 $\theta_c=24.6^\circ$)이 커서 비교적 광 특성이 우수하다고 알려져 있지만 실제 내부에서 소멸되는 광자가 70%이상이다.
- <20> 현재 질화물반도체 발광소자의 경우 외부양자효율을 높이기 위한 많은 기술들이 개발되고 있는데, 가장 대표적인 기술로는 플립칩 기술(미국특허 제 6573537B1호), 질화물반도체 발광소자를 형성하는 최상층인 p형 반도체층의 표면거칠기를 높이는 기술(미국특허 제6441403B1호), p형 반도체층 표면에 물결무늬를 형성하는 기술(미국특허 제6420735B2호)등이 있다.
- <21> 상기 개시된 기술에서는 표면결자를 형성하기 위해 별도의 패턴을 형성하여 사진공정을 통해 식각마스크 층을 형성하고 건식 혹은 습식식각을 통해 표면결자를 형성한다. 이 방법에 의할 경우 형성하고자 하는 표면결자의 모양 혹은 크기에 많은 제약이 따른다. 특히 사진공정에 있어서 최소선폭의 제약이 있기 때문에 표면결자의 크기를 줄이거나 밀도를 높이기가 매우 어렵다.
- <22> 도 1은 종래의 질화물반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- <23> 제조과정을 간단히 설명하면, 먼저, 질화물반도체 발광소자는, 절연기판(20) 상에 버퍼층(30), n형 질화물반도체로 이루어진 하부접촉층(31), n형 질화물반도체로 이루어진 하부클래드층(32), 질화물반도체로 이루어진 활성층(33), p형 질화물반도체로 이루어진 상부클래드층(34), 및 p형 질화물반도체로 이루어진 상부접촉층(35)을 순차적으로 결정성장 시킨다.
- <24> 다음에, 상부접촉층(35) 상에 이와 오픈접촉되는 투명전극층(51)을 형성하고, 상부접촉층(35), 상부클래드층(32), 활성층(33), 및 하부클래드층(32)을 메사식각하여 하부접촉층(31)

을 노출시킨 후에 하부접촉층(31) 상에 n형 오믹금속전극층(52)을 형성한다. 이어서, 투명전극층(51)상에 본딩패드(53)를 형성한다.

<25> 기판(20)은 통상 사파이어가 사용되는데 절연체 이므로 기판(20) 뒷면에는 전극을 형성할 수 없어 표면에 금속전극(51, 52)을 형성한다. 얇은 투명전극(51)을 통해 빛이 외부로 발광된다.

<26> 도 1의 구조에서는 형태의 변경이 어렵고, 또한 최상층의 상부접촉층(35)은 얇게 형성되어야 하기 때문에 표면에 표면격자를 형성하기가 매우 까다롭다. 상부접촉층(35)을 비교적 두껍게(>1 μ m) 형성하면 표면격자의 형성이 용이하나 현재의 성장기술로는 양질(良質)의 결정성을 갖는 두꺼운 p형 AlGaInN을 성장하기가 불가능하고, 두껍게 성장했을 때 저항의 증가로 소모전력이 커질 뿐만 아니라 활성층(33)에서 발생한 광자가 상부접촉층(35)에서 더 많이 흡수되어 오히려 소자의 휘도가 감소하게 된다. 이러한 제약으로 인해 발광부인 활성층(33)의 위 표면인 상부접촉층(35)층에 표면격자를 형성하는 것이 현재 기술로는 불가능하다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<27> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 발광소자간의 절단 시 절단공정의 여유를 위해서 충분한 여유 공간을 두게 되는데 이러한 칩의 외곽 여유 공간에 새로운 방법으로 사진공정의 제약을 초월하는 미세하고 밀도가 높은 표면요철을 형성하여 고휘도를 갖는 질화물반도체 발광소자를 제공하는 데 있다.

【발명의 구성】

- <28> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 질화물반도체 발광소자는, 절연기판 상에 형성되며 n형 질화물반도체로 이루어지는 하부접촉층; 상기 하부접촉층 표면의 소정영역 상에 순차적으로 적층된 질화물반도체로 이루어지는 활성층 및 p형 질화물반도체로 이루어지는 상부접촉층; 상기 활성층에 의해 가려지지 않는 상기 하부접촉층의 노출표면의 소정영역 상에 형성되는 n형 오믹접촉 금속층; 및 상기 상부접촉층 상에 형성되는 투명전극층;을 포함하며, 상기 활성층 및 상기 n형 오믹접촉 금속층에 의해서 가려지지 않는 상기 하부접촉층의 노출표면 상에는 표면격자가 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- <29> 상기 표면격자는 광전화학식각에 의해 형성시킬 수 있는데, 이 때 사용되는 식각용액에는 KOH, 암모니아, 또는 염산이 포함되는 것이 바람직하고, 사용되는 광은 자외선인 것이 바람직하다.
- <30> 이하에서, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 도면에 있어서, 도 1과 동일한 참조번호는 동일기능을 수행하는 구성요소를 나타내며 반복적인 설명은 생략한다.
- <31> 아래의 실시예는 본 발명의 내용을 이해하기 위해 제시된 것일 뿐이며 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상 내에서 많은 변형을 할 수 있다. 따라서, 본 발명의 권리범위가 이러한 실시예에 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안된다.
- <32> 도 2는 발명의 실시예에 따른 질화물반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도이고, 도 3은 도 2의 평면도이다.

<33> 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명은 상부접촉층(35), 상부클래드층(32), 활성층(33), 및 하부클래드층(32)을 메사식각하여 하부접촉층(31)을 노출시킨 후에 하부접촉층(31) 상에 n형 오믹금속전극층(52)을 형성한 구조를 갖는데, 이 때, 하부접촉층(31)의 노출부위 표면에 표면격자(54)가 형성되는 것을 특징으로 한다. 즉, 본 발명은 발광부를 제외한 칩의 외곽 부위에 표면격자(54)가 형성되는 것을 특징으로 한다.

<34> 본딩패드(53)는 도1과 같이 투명전극층(51) 상에 형성하는 것이 보통이지만 도 2와 같이 투명전극층(51) 일부를 제거하여 상부접촉층(35)에 직접 접하도록 형성하기도 한다. 클래드층(32, 34)은 반드시 있어야 하는 것은 아니며 소자의 성능을 향상시키기 위해서 존재하는 층이다.

<35> 소자내부에서 소멸되는 광자들이 소자의부로 탈출하는 순수한 양은 표면격자가 형성되는 면적, 표면격자의 모양, 크기, 밀도 등에 밀접한 관련이 있다. 표면격자가 형성되는 면적이 크면 클수록 내부에서 소멸되는 광자들의 탈출 가능성이 더욱 높아지지만 소자크기의 제한으로 인해 표면격자를 형성할 수 있는 부분의 크기가 제약을 받는다. 표면격자(54) 각각의 크기는 소자에서 발생하는 중심파장의 1/4배 보다 크기만 하면 되고, 밀도가 클수록 탈출하는 광자가 많아진다.

<36> 도 4는 표면격자(54)에 의해 외부로 광이 탈출하는 것을 보여주는 개념도이다. 소자의 발광부위를 제외한 가장자리 부분에 요철을 형성함으로써 활성층(33)에서 발생된 빛이 효과적으로 외부로 탈출할 수 있음을 볼 수 있다.

<37> 도 5는 n형 질화물반도체층(31)과 식각용액(41)이 접하는 부분에서 일어나는 광전화학식각의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

- <38> n형 질화물반도체층(31)에 자외선(40)이 조사되면 이 빛 에너지에 의해 전자와 정공이 n형 질화물반도체층(31)의 표면에 형성된다. 이때 형성된 전자는 반도체의 내부로 이동하고 정공은 반도체 표면으로 이동한다.
- <39> 반도체 표면으로 이동된 정공은 예컨대 n형 질화물반도체(31)가 GaN인 경우 그 표면에서 GaN과 결합하여 갈륨(Ga) 분자와 질소(N) 분자를 분리하게 되고 식각이 일어나게 된다. 정공이 기여하는 식각원리는 다음의 식으로 표현된다. 즉, $2\text{GaN} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Ga}^{3+} + \text{N}_2$ 이다. 여기에 가해지는 직류 전원(44)은 정공의 이동을 도와줘서 식각속도를 빠르게 하는 역할을 한다.
- <40> 식각속도는 격자결함이 있으면 가속되는데 통상 GaN 반도체에는 $1 \times 10^6 \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ 의 격자결함 밀도를 가진다. 따라서 위와 같은 광전화학 식각을 하면 반도체 표면이 불균일하게 식각되어 표면요철이 생긴다.
- <41> 도 6a는 KOH : DI(이온제거한 물) = 500g : 1500cc인 KOH 용액을 식각용액(41)으로 사용하여 2분 동안 식각한 후의 AFM(Atomic Force Microscope) 사진이다. KOH의 양이 증가할수록 식각율은 증가한다. 표면 편평도인 rms(root mean square) 값은 약 7nm이다.
- <42> 도 6b는 9분 동안 식각한 후의 AFM 사진이다. 표면 편평도인 rms(root mean square) 값은 약 500nm이다. 따라서, 식각 시간이 증가할수록 표면 불균일도가 증가하게 됨을 알 수 있고, 이에 따라 광출력도 증가하게 된다.

<43> 도 7은 종래의 경우와 본 발명의 경우를 비교한 인가전류-휘도 그래프이다. 본 발명의 경우 표면요철의 크기 및 모양에 따라 조금의 차이는 있지만 기존 기술에 비해 평균 30 ~ 60% 정도의 휘도 증가율을 보인다.

【발명의 효과】

<44> 본 발명에 의하면, 칩의 외곽 여유 공간에 표면격자가 형성되어지기 때문에 표면격자의 형성면적을 많이 확보할 수 있다. 또한, 하부접촉층(31)은 어느 정도 두꺼워도 되기 때문에 표면격자를 형성하기가 용이하다.

<45> 본 발명은 별도의 마스크 패턴이 요구되는 사진식각공정과 달리 광전화학식각을 통해서 식각마스크 없이 바로 표면격자를 형성하기 때문에 표면격자의 모양, 크기, 밀도 등에 큰 제약이 따르지 않는다.

<46> 결국, 본 발명에 의하면, 질화물반도체 발광소자의 외부양자효율이 증가하게 된다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

절연기판 상에 형성되며 n형 질화물반도체로 이루어지는 하부접촉층;

상기 하부접촉층 표면의 소정영역상에 순차적으로 적층된 질화물반도체로 이루어지는 활성층 및 p형 질화물반도체로 이루어지는 상부접촉층;

상기 활성층에 의해 가려지지 않는 상기 하부접촉층의 노출표면의 소정영역 상에 형성되는 n형 오믹접촉 금속층; 및

상기 상부접촉층 상에 형성되는 투명전극층;을 포함하며,

상기 활성층 및 상기 n형 오믹접촉 금속층에 의해서 가려지지 않는 상기 하부접촉층의 노출표면 상에는 표면결자가 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 질화물반도체 발광소자.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 표면결자는 광전화학식각에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 질화물반도체 발광소자.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 광전화학식각 시 사용되는 식각용액은 KOH, 암모니아, 또는 염산을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체 발광소자.

【청구항 4】

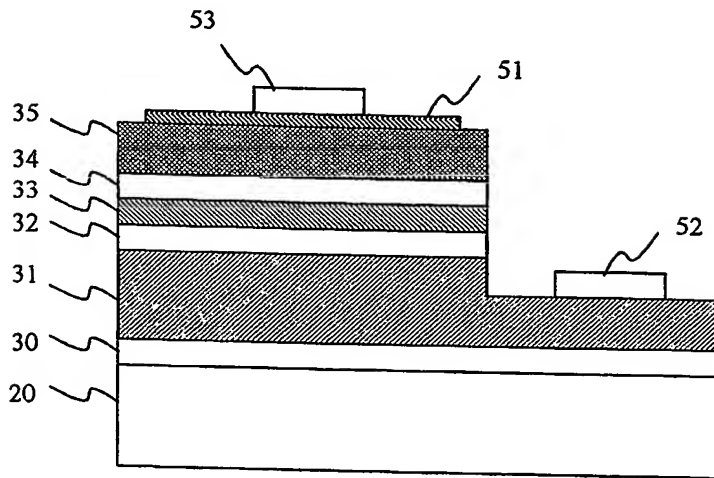
제2항에 있어서, 상기 광전화학식각 시 사용되는 광은 자외선인 것을 특징으로 하는 질화물반도체 발광소자.

1000070758

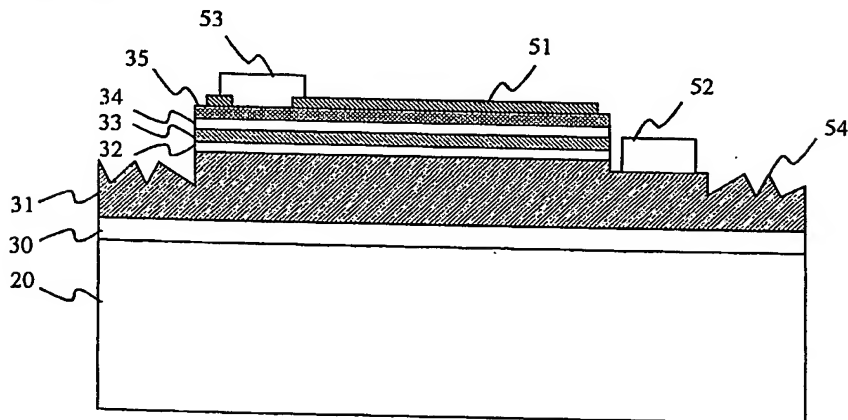
출력 일자: 2004/7/9

【도면】

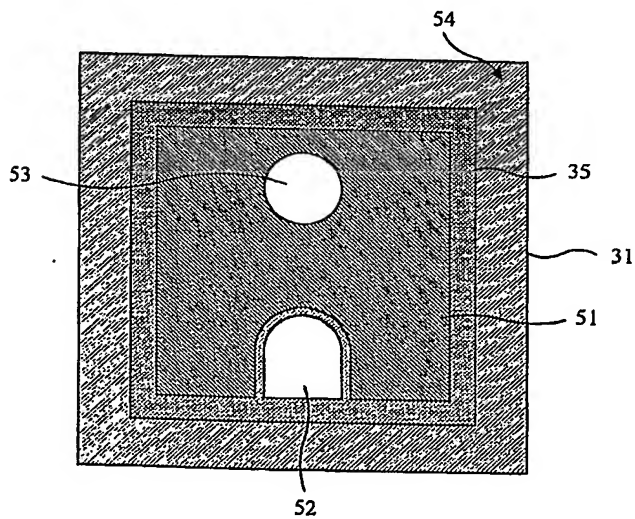
【도 1】



【도 2】



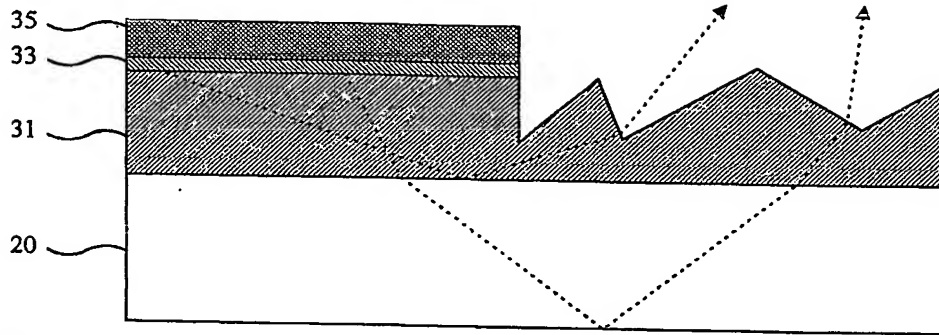
【도 3】



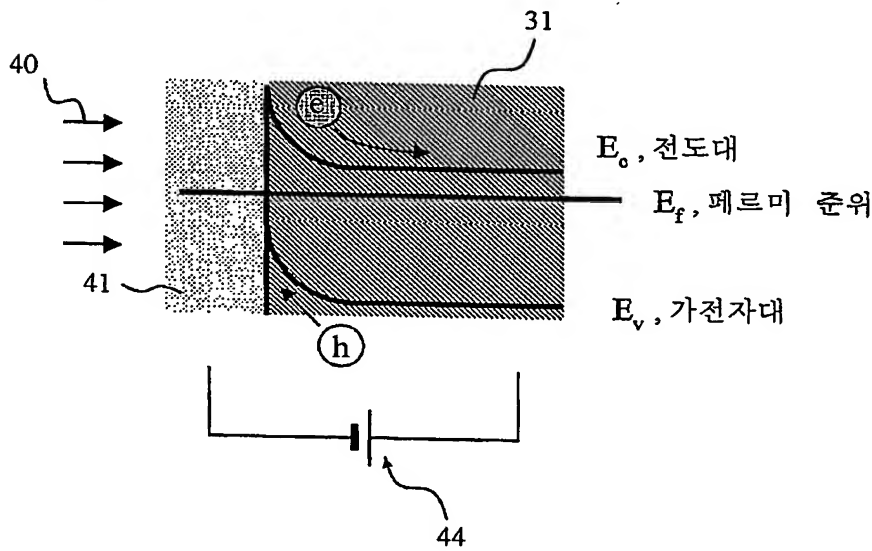
1000070758

출력 일자: 2004/7/9

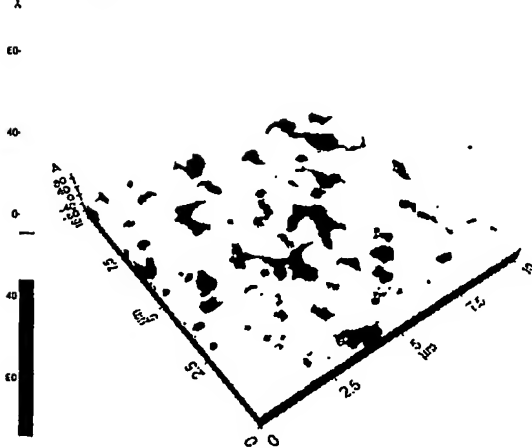
【도 4】



【도 5】



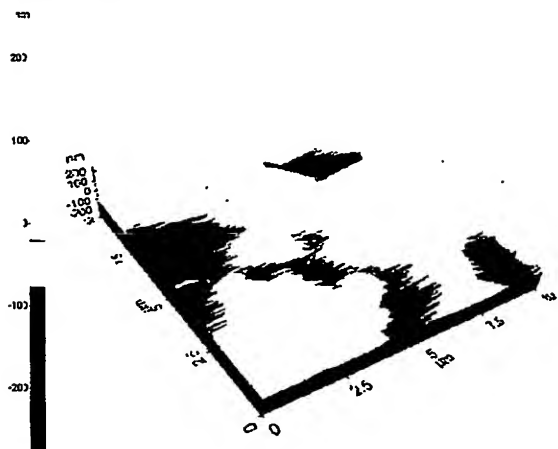
【도 6a】



10 070758

출력 일자: 2004/7/9

【도 6b】



【도 7】

